

В статті проводиться аналіз світлотехнічних показників, що змінюються при заміні ЛР на КЛЛ. На додаток до основних параметрів світлокольорового середовища розглядаються рівень комфортності освітлення й величина циркадного впливу, як параметри, необхідні для оцінки ефективності освітлення інтер'єрів житлових приміщень.

УДК628 (045)

О.О. Сіробаба, асп.
Харківська національна
академія міського госпо-
дарства

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМІНИ ЛАМП НАКАЛЮВАННЯ НА КЛЛ ІЗ ВБУДОВАНИМ ЕПРА

Рівень ефективності освітлення - один з основних показників сучасного суспільства. Особливе місце тут займає проблема енергетичної ефективності систем освітлення, що вимагає впровадження енергоефективних джерел світла. У цей час, на сторінках як наукових, так і розрахованих на масового читача, видань світлотехнічного характеру, при розгляді освітлення житлових приміщень, все частіше увага акцентується на необхідності заміни традиційних, у цьому секторі, ЛР на більш довершені джерела світла, зокрема, КЛЛ із убудованим ЕПРА. Дійсно, ЛР дотепер залишаються наймасовішим джерелом світла в нашій країні, і за прогнозами, заміна їх на КЛЛ дозволить істотно зменшити енергоспоживання.[1] Такі прогнози вже підтверджуються експериментальними дослідженнями.[2,3] Відповідно до результатів цих експериментів, спостерігається значний економічний ефект такої заміни - зменшення енергоспоживання квартир на 9-30%(залежно від кількості встановлених ламп).

Варто відзначити, що ряд країн (США, Австралія, країни Західної Європи), вже зараз, повністю відмовляються від використання ЛР, приймаючи відповідні директиви й проводячи політичні впровадження енергоефективного освітлення в житловий сектор. Однак, незважаючи на проекти, проведені як на державному, так і на місцевому рівні, спостерігається дуже повільний перехід на новий технологічний рівень у освітленні. Відповідно до проведених досліджень, причини криються в наступних факторах: недостатня інформованість населення про переваги КЛЛ, консерватизм у виборі ДС, високі первісні витрати, негативний досвід придбання КЛЛ низької якості.

В Україні ця проблема теж стоїть досить гостро. На частку освітлення в житловому секторі доводиться близько 20-30% від загального енергоспоживання. Через постійне збільшення темпів росту споживання енергії, проблеми енергетичної економічності продовжують бути визначальними.[4]

Розглянемо наслідки заміни ЛР на КЛЛ із убудованим ЕПРА.

На упаковці практично будь-якої КЛЛ потенційний споживач може знайти інформацію приблизно наступного змісту:

Лампа накаливання		КЛЛ
15 W	→	3 W
25 W	→	5 W
40 W	→	7 W
60 W	→	11 W
75 W	→	15 W
100 W	→	20 W
120 W	→	23 W
150 W	→	30 W

Рис.1 Переваги КЛЛ над ЛР

Завдання цієї інформації - довести такому споживачеві очевидну для нього економічну вигоду придбання КЛЛ замість ЛР і допомогти перебороти психологічний бар'єр необхідності збільшення в 10-15 разів первісних витрат, ніж при придбанні ЛР.

Розглядаючи це питання комплексно, стає очевидним, що, з огляду на збільшення тільки двох наведених параметрів: світлової віддачі й ресурсу роботи ламп, не можна визначити ефективність такої заміни.

При заміні ЛР на КЛЛ перетерплюють змін наступні параметри:

- 1) Спектр випромінювання.
- 2) Розмір й яскравість тіла розжарення, розподіл сили світла лампи.
- 3) Температура лампи.
- 4) Масогабаритні показники.
- 5) Характер навантаження для живильної мережі.
- 6) Техніко-економічні характеристики

Проаналізуємо якісні й кількісні зміни у освітленні.

У першу чергу варто звернути увагу на кардинальний перехід від суцільного спектра теплового випромінювача до дискретного спектра газового розряду, з наслідками, що впливають звідси (Рис. 2).

Загальновідомо, що ЛР, виявляє собою скоріше ІЧ-випромінювач, ніж ДС. На видимому ділянці спектра доводиться тільки 7-13% енергії, випромінюваної ЛР, при цьому 70-75% доводиться на ІЧ ділянку, у зв'язку з цим показник світлової віддачі становить близько 10-15 лм/Вт. У сучасних КЛЛ заявлена світлова віддача 50-75 лм/Вт.[5] Відсутнє тіло розжарення й ІЧ випромінювання, що практично виключає підвищення температури колби й навколишнього середовища. Це значно знижується рівень викидів СО і СО₂, що утворювалися в результаті взаємодії розігрітої ЛР і навколишнього середовища, що у світлі екологічної обстановки, є додатковим позитивним фактором.[1]

Практично без уваги залишається психофізіологічний і біологічний фактор, що є немаловажним, адже освітлення інтер'єрів служить, у першу чергу, для задоволення людських потреб у комфорті. У сьогоднішнім розумінні роль ефективного освітлення вже далеко виходить за межі тільки забезпечення умов видимості й зорової працездатності.[4]

Освітленням у житловому секторі застосовується, у більшій мері, у вечірні й ранкові години. В результаті еволюції людина звикла до зниження освітленості й колірної температури в цей час, у порівнянні зі світлим часом доби. Динаміка спектральної характеристики й рівнів освітленості при природному освітленні для середньої смуги (широта 55°) наведена таблиці 1 і 2.

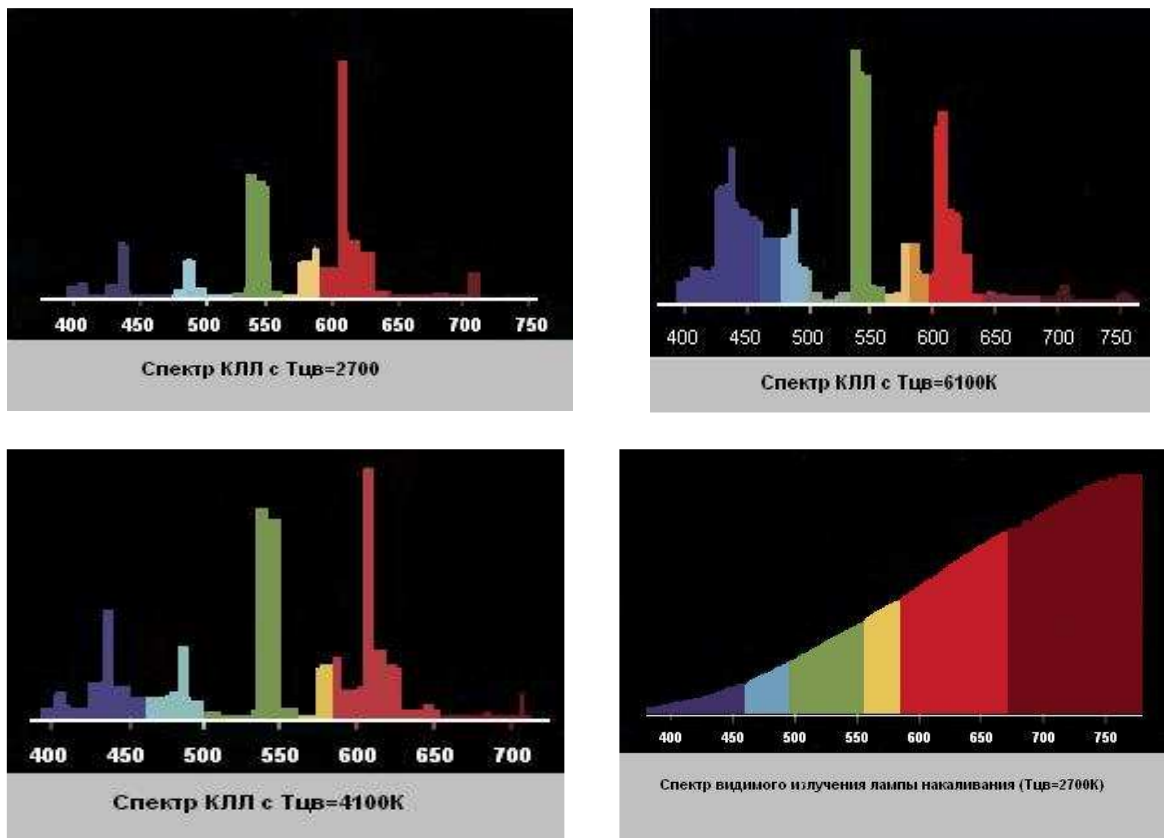


Рис. 2. Спектри видимого випромінювання КЛЛ і ЛР

Таблиця 1.

Динаміка спектральної характеристики при природному висвітленні

Фази денного освітлення	Колірна температура, К
Прямі сонячні промені при сході й заході сонця	2200
Пряме сонячне світло через годину після сходу сонця	3500
Пряме сонячне світло раннім ранком й у передвечірній час	4000...4300
Сонячне світло опівдні влітку	5400...5800
Розсіяне денне світло в тіні влітку	7000
Розсіяне денне світло в похмуру погоду	7500...8400
Світло від блакитного неба	9500...30000

Таблиця 2.

Динаміка рівнів освітленості при природному освітленні, %

Місяці	Час доби, година								
	5	7	9	11	13	15	17	19	21
Червень	1	3	6	89	100	89	58	24	1
Травень-липень	1	19	54	79	91	79	51	17	0
Квітень-серпень	0	10	40	64	75	67	39	8	0
Березень-вересень	0	1	24	47	58	49	23	1	0
Лютий-жовтень	0	0	7	26	35	26	7	0	0
Січень-листопад	0	0	2	12	19	13	2	0	0
Грудень	0	0	1	8	13	8	0	0	0

Застосування ЛР задовольняє цим вимогам, створюючи невисокі рівні освітленості тепло-білим світлом із $T_{\text{цв}}=2700$ К. Стандартно, КЛЛ випускаються в асортименті із $T_{\text{цв}}$ 2700 К, 4100 К и 6100 К, що дає деяку волю вибору кольоровості світла, для споживача.

Але, відповідно до досліджень Круїтгоффа, а пізніше Лебедкової, виявилося, що у випадку підвищення колірної температури, для комфортного сприйняття освітлення варто підвищувати й освітленість.[6] В іншому випадку спостерігається «ефект сутінків або грози», що супроводжується відчуттям дискомфорту. Більш пізні дослідження Бодмана підтвердили якісну сторону даної гіпотези, але не збіглися з попередніми кількісними оцінками, втім в 1983 році Круїтгофф і сам не наполягав на їхній вірогідності, пояснюючи свої дослідження пробними, заснованими на окремих спостереженнях.[7] Прийняття в увагу нового показника якості світлокольорового середовища – загального індексу передачі кольору R_a , дозволили більш точно визначити області комфортної освітленості показали значну їх кореляцію від показників $T_{\text{цв}}$ й R_a (Рис. 4). Штрихпунктирною лінією із двома крапками позначене ЛЛ джерело світла з $R_a>80$, тобто відповідний сучасної КЛЛ.

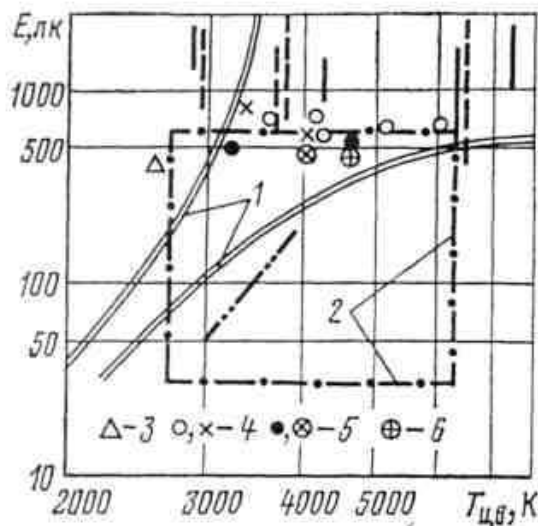


Рис.4 Комфортні й некомфортні освітленості для різних джерел світла за даними різних дослідників: 1 - по Круїтгоффу, 2 - по Бодману.

У проведених дослідженнях [2,3], цей ефект не враховувався, і відповідність замінних ламп визначала рівність світлових потоків, без обліку показників $T_{\text{цв}}$ й R_a .

Як видно із графіків на Рис.4, для рівноцінної прямої заміни ЛН на КЛЛ за рівнем комфортності необхідно збільшувати освітленість, а значить і світловий потік, не менш ніж в 3 рази для ламп із $T_{\text{цв}}=4100$ К и в 5 разів із $T_{\text{цв}}=6100$ К [7].

Оцінимо дію розглянутих джерел випромінювання по їх циркадній ефективності за методикою, запропонованої в [8]. Визначимо ефективне циркадне опромінення:

$$E_{cv} = \frac{a_{cv}}{K_m} E,$$

де

a_{cv} - коефіцієнт циркадної ефективності,

K_m – 683 лм/Вт,

E - середня освітленість.

З наведених розрахунків видно, що однаково комфортне освітлення, створюване КЛЛ із $T_{\text{цв}}$ 4100 К и 6400 К, набагато сильніше впливає на циркадну систему, ніж ЛР або КЛЛ із $T_{\text{цв}}$ 2700 К. (табл.3)

Таблиця 3

Циркадні характеристики ЛР і КЛЛ

Джерело світла	Т _{цв} , К	a_{cv}	E, лк	E_{cv} , Вт/м ²
ЛР	2700	0,35	100-200	0,05-0,1
КЛЛ тепло-біла	2800	0,31	100-200	0,045-0,09
КЛЛ нейтрально-біла	3700	0,52	300-600	0,23-0,46
КЛЛ холодно-біла	6400	0,80	1500	1,76

Як вже було зазначено вище, із заміною ЛР на КЛЛ змінюються розмір й яскравість тіла випромінювача, розподіл сили світла лампи, масогабаритні показники. Розходження, втім, не настільки значні. Для світильників загального освітлення, з відбивачами, що дифузно розсіюють зміна розподілу світлового потоку практично відсутня. Особливо у випадку застосування КЛЛ із колбою у формі спіралі, які найбільш близькі до ЛР за КСС.

Розрізняють лампи й по характері навантаження для живильної мережі. ЛР по своїй суті при включенні - активний нелінійний опір. КЛЛ, що містить ЕПРА представляється двома складовими навантаження - активної й реактивної.

При цьому наявність реактивної потужності приводить до гармонійних викривлень споживаного з мережі струму. У будинках із центральним опаленням і гарячим водопостачанням, у яких потужність, що витрачає на висвітлення, є переважною, широке застосування КЛЛ із вбудованим ПРА різко збільшує зміст у мережному струмі вищих гармонік.[9, 10]

Слід зазначити, що в країнах ЄС документом, що регламентує обмеження гармонік для низьковольтних пристроїв зі струмом до 16 А є ІЕС 61000-3-2. При цьому коефіцієнт потужності пристроїв обмежений значенням не нижче 95% , а загальний коефіцієнт гармонійних викривлень не повинен перевищувати 33%. Але в стандарті немає обмежень для пристроїв з активною потужністю до 25 Вт, до яких відносяться КЛЛ. Через це, необхідним є проведення більш глибоких досліджень стосовно впливу масового впровадження КЛЛ в мережу електроживлення.

У лютому 2007 року в Міжнародному енергетичному агентстві в Парижу відбувся міжнародний семінар, метою якого було вироблення основних вимог до якості КЛЛ у зв'язку з розробкою стратегічних заходів щодо припинення застосування ЛР для освітлення. Проблема якості КЛЛ в Україні стоїть особливо гостро. Продукція, що надходить в мережу роздрібною торгівлі, практично, не перевіряється ні за якими параметрами. З іншого боку, на сторінках світлотехнічних журналів, вже неодноразово лунала думка про вкрай негативні наслідки потрапляння такої продукції кінцевому споживачеві, у якого складається негативна думка відносно енергоефективних технологій у цілому. У такій ситуації можливе застосування досвіду інших країн, коли для рішення цієї проблеми була уведена система постійного вибіркового контролю якості продукції й моніторинг якості, організовані спеціалізовані іспитові центри, затверджена система штрафів за порушення стандартів якості.

Проведений аналіз дозволяє сформулювати наступні основні висновки:

1. Впровадження енергоефективних джерел світла у освітлення житлових приміщень є необхідним й економічно доцільним рішенням, але для його здійснення необхідне проведення цілеспрямованої програми, що підтримує масового споживача як в інформаційному плані, так й у створенні економічних умов, що заохочують ефективне використання електроенергії в освітленні.
2. Для більшості випадків заміни ЛР на КЛЛ із вбудованим ПРА перевага варто віддавати КЛЛ із $T_{цв}=2700$ К, що не викликає посилення циркадної ефективності освітлен-

ня й не вимагає збільшення рівня освітленості при збереженні комфортності освітлення, у відмінності від КЛЛ із $T_{\text{цв}}$ 4100 К и 6100 К.

Список літератури

1. Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение и техническая политика в области освещения. //Светотехника. – 2005. - №6. С.4-10.
2. Савельев А.В. Эксперимент в Москве по энергосбережению в жилом секторе. //Светотехника. – 2008. - №6. С.64.
3. Гюлер Ё., Еркин Е., Онейгил С. Использование КЛЛ с учетом мнений потребителей. //Светотехника. – 2008. - №3. С.40-44.
4. Кожушко Г.М. Щодо концепції розвитку світлотехніки в Україні. //Світлолюкс. 2009. - №1. С..
5. Справочная книга по светотехнике/ Под ред. Ю.Б.Айзенберга. - М.: 3-е изд. перераб. и доп. М. Знак. - 972 с. ил.
6. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники Ч.2. – М.: Энергоатомиздат, - 1989. – 432с.
7. Фаермарк М.А. Психофизиологические требования к рациональной номенклатуре ЛЛ. //Светотехника. – 1991. - №12. С.6-9.
8. Биске К., Галл Д., Определение и измерение циркадометрических величин. //Светотехника. – 2006. - №1. С.49-51.
9. Манторски З. Искажения, вносимые источниками света в электрические сети. //Светотехника. – 2008. - №2. С.30-33.
10. Жаркин А.Ф., Козлов А. В.,Палачев С.А., Дробот Ю. Г. Анализ энергоэффективности энергосберегающих компактных люминесцентных ламп //Світлотехніка та електроенергетика. Міжнарод. наук.-техн. журнал. Вип.1 (9) —Харків: ХНАМГ —2007. — С.4...9.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ НА КЛЛ СО ВСТРОЕННЫМ ЭПРА.

А.А. Серобаба

В статье проводится анализ светотехнических показателей, изменяющихся при замене ЛН на КЛЛ. В дополнение к основным параметрам светового цвета рассматриваются уровень комфортности освещения и величина циркадного воздействия, как параметры, необходимые для оценки эффективности освещения интерьеров жилых помещений.

INTEGRATED APPROACH FOR EFFICIENCY ESTIMATION OF COMMUTATION INCANDESCENT ELECTRIC LAMP TO COMPACT FLUORESCENT LAMP

A.A. Serobaba

The analysis of light engineering indexes changing at the light sources replacement is conducted in the article. In addition to the basic parameters of light engineering, environment the level of comfort of illumination and size of circadian level influence is examined, as parameters necessary for estimation of efficiency of illumination of interiors of dwelling apartments.